3.1.3. Fatores que influenciam o desempenho estrutural do pavimento aeroportuário

É de comum conhecimento que pavimentos aeroportuários sejam considerados como sendo um complexo sistema estrutural e, dessa forma, o seu desempenho estrutural depende de uma gama de variáveis. Ashford e Wright (1992) dividem essa gama de variáveis em cinco grandes grupos, sendo eles: (i) carregamento; (ii) uso; (iii) dimensionamento; (iv) construção; e (v) manutenção. Embora esses grupos de variáveis se interrelacionem, esses autores consideram aquelas relativas ao carregamento como sendo as mais importantes no desempenho estrutural de um pavimento. O aparecimento de aeronaves mais robustas, com trens de pouso com configurações e pressão dos pneus diferentes, afeta, de maneira direta, o comportamento mecânico do pavimento aeroportuário.

As variáveis relativas ao meio são aquelas relacionadas ao dia-a-dia do pavimento. Os pavimentos, independentemente do tipo, estão sujeitos às ações do vento e do calor resultante das turbinas dos aviões, bem como à possibilidade de entrarem em contato com os fluídos provenientes das aeronaves e dos veículos que transitam pelas pistas. Em relação às condições climáticas, tem-se a ação da chuva e, em algumas regiões, da neve, que podem interferir na capacidade funcional e estrutural do pavimento. A dilatação e contração das placas de concreto e a mudança na viscosidade do revestimento asfáltico são outros exemplos de interferências no pavimento ocasionadas pela mudança climática (ASFORD E WRIGHT, 1992).

Dessa forma, Ashford e Wright (1992) concluem que o comportamento do pavimento aeroportuário a curto e longo prazo é diretamente relacionado às considerações feitas no período de projeto dos mesmos. Também ressaltam que o desempenho do pavimento nas condições de serviço é, também, função da qualidade da sua execução e dos materiais utilizados, assim como da adequação da política de manutenção empregada para a sua conservação durante a sua vida útil.

3.1.4. Principais diferenças entre os pavimentos aeroportuário e rodoviário

Yoder e Witczak (1975) informam que o desempenho dos pavimentos aeroportuários e rodoviários é, na maior parte, diferente. Os autores apresentam que as

maiores diferenças entre esses tipos de pavimentos estão nos fatores repetição de carga, distribuição do tráfego e geometria do pavimento.

Medina e Motta (2015) salientam que, no caso de pistas de pouso e decolagem de aeródromos, a intensidade de solicitações é variável longitudinal e transversalmente, sendo levada em conta no dimensionamento estrutural do pavimento através da definição de áreas críticas e não críticas, o que não ocorre no caso de rodovias. Algumas diferenças importantes existentes entre pistas de aeródromos e de rodovias são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características das pistas e veículos: rodovias e aeródromos (Adaptado - Medina e Motta, 2015)

Característica	Rodovias	Aeródromos
Largura das pistas	7 a 10 m	20 a 50 m (Taxis: 10 a 25 m)
Comprimento	Vários quilômetros.	Até cerca de 3.000 m.
Cargas	10 tf por eixo, veículos de 45 tf no máximo	100 tf ou mais por trem de pouso principal, aviões de até 500 tf
Frequência de repetição de cargas	Por exemplo: 2.000 veículos por dia, vários milhões na vida de serviço. O efeito da fadiga dos materiais é importante.	Pequena, por dia: 50 a 100; menos de 100.000 na vida de serviço
Pressão dos pneumáticos	0,15 a 0,6 MPa	1,0 a 3,0 MPa
Distribuição transversal da carga na pista	Não se faz diferenciação transversal praticamente.	Diferencia-se o dimensionamento transversalmente.
Impacto de veículo no pavimento	Pequeno	Grande no pouso, porém minorado pela sustentação do ar e amortecimento.
Ação de carga dinâmica (vibrações) de veículos parados	Não considerada.	É importante nas cabeceiras das pistas, na decolagem e nas pistas de taxiamento.
Ação de frenagem	Não é relevante; nas ruas sim, nos sinais luminosos (semáforos), nos cruzamentos, etc.	Importante quando do acionamento dos motores, com as rodas do trem de pouso travadas, antes da decolagem.

Conforme ilustrado na Tabela 2, há a possibilidade de se diferenciar transversalmente o dimensionamento do pavimento aeroportuário, pois a adoção de uma seção variável permite uma redução na quantidade de material utilizado na estrutura do pavimento. No entanto, nesse caso, as operações de execução do pavimento seriam mais complexas e mais dispendiosas, sendo que os custos de construção adicionais podem inviabilizar a economia gerada pela utilização de uma quantidade menor de material (FAA,1995). No Brasil, Cordovil (2010) relata que essa prática não tem sido frequentemente adotada pelos projetistas.

No caso de rodovias, no Brasil, é frequente que se transgrida a carga máxima de rodagem, tendo como consequência a degradação acelerada dos pavimentos e a sobrecarga das pontes e viadutos. Para aeronaves, a segurança é vital, de modo que nunca se transgrida a carga máxima (MEDINA E MOTA, 2015). Vale lembrar a existência, na aviação civil, do A380, com um peso de 575 toneladas (AIRBUS, 2015) e, no transporte de carga, do Antonov An-225, com as suas 640 toneladas (ANTONOV COMPANY, 2015), que esteve no Brasil em fevereiro de 2010, trazendo três válvulas para a refinaria da Petrobras em Paulínia, na região de Campinas (SETTI, 2015).

Dessa forma, um elemento fundamental no dimensionamento estrutural de pavimentos de aeroportos é o peso da aeronave, que, por exemplo, pode ser dividido nas parcelas seguintes, considerando-se o caso de um avião a jato de grande raio de giração (MEDINA E MOTTA, 2015): (i) peso vazio de operação (avião, tripulação e equipamento de voo), da ordem de 45%; (ii) carga paga (passageiros, mala postal, carga), da ordem de 14%; (iii) combustível, da ordem de 35%; e (iv) reserva de combustível, da ordem de 6%. A soma do peso vazio de operação, carga paga e combustível disponível após o trajeto no ar constitui o peso de pouso, assim como a soma de todos os itens é o peso bruto máximo de decolagem.

Segundo a FAA (2009a), no dimensionamento do pavimento aeroportuário, deve-se considerar que 95% do peso bruto máximo de decolagem concentram-se no trem de pouso principal e 5% no trem de pouso localizado na bequilha, ou seja, no conjunto de rodas dianteiras da aeronave, como se apresenta na Figura 6.

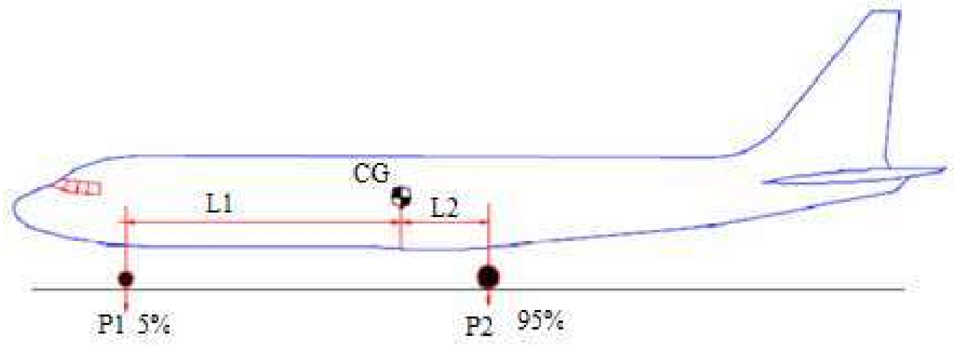

Figura 6 - Distribuição do peso da aeronave sobre os trens de pouso (INFRAERO, 2009).

No dimensionamento, o uso do peso máximo de decolagem previsto é recomendado para fornecer algum grau de conservadorismo e é justificado pelo fato de que alterações no uso operacional da aeronave podem ocorrer (FAA, 1995). Ashford e Wright (1992) justificam a representação do tráfego em função do número de decolagens,

informando que, muitas vezes, o peso bruto de aterrissagem representa cerca de 75% do peso máximo de decolagem.

3.1.5. Solicitações características de pavimentos aeroportuários

Os defeitos de pavimentos de pistas de aeroportos apresentam algumas peculiaridades decorrentes do tipo de solicitação própria dos aviões e da largura das pistas, vide Tabela 2.

Segundo Medina e Motta (2015), as áreas mais solicitadas nas pistas de pouso e decolagem são as cabeceiras ou partes da pista em que o avião fica parado antes da decolagem, com a carga total de combustível do início da etapa de voo e a vibração transmitida pelos motores. Na operação de pouso, a força de sustentação do ar reduz a carga atuante no pavimento, o que torna menos crítica esta operação do que a decolagem. Nas áreas das pistas em que se têm esforços tangenciais na aceleração e desaceleração e arrasto, os pneus se desgastam muito, sendo que o acúmulo de resíduos pode tornar escorregadia a superfície quando chove.

Medina e Motta (2015), também, relatam que, nas pistas de rolamento ou táxi, as condições de circulação lenta e canalizada propiciam a ocorrência da deformação permanente, assim como os respingos e derrames de querosene dos motores a jato tendem a amolecer o ligante das misturas asfálticas.

3.2. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO AEROPORTUÁRIO

3.2.1. Objetivo

Pode-se afirmar que os denominadores comuns aos métodos de dimensionamento de pavimentos aeroportuários existentes são a determinação da estrutura do pavimento ou de como se deve reforçá-la em função das ações previstas, a escolha dos materiais de construção e a determinação das condições de suporte do subleito, de modo a se garantir o funcionamento adequado do pavimento ao longo de sua via útil (ARNALDO, 2011).

Por outro lado, um aspecto de interesse quando se projeta essa modalidade de pavimento refere-se à sua localização dentro do complexo aeroportuário, sendo possível diferenciar as seguintes áreas (JUNIOR *et al.*, 2002): áreas de toque (cabeceiras); pátios de manobra e de estacionamento; pistas de pouso e decolagem; e pistas de taxi. Nesse